TECHNOLOGIE DE BASE

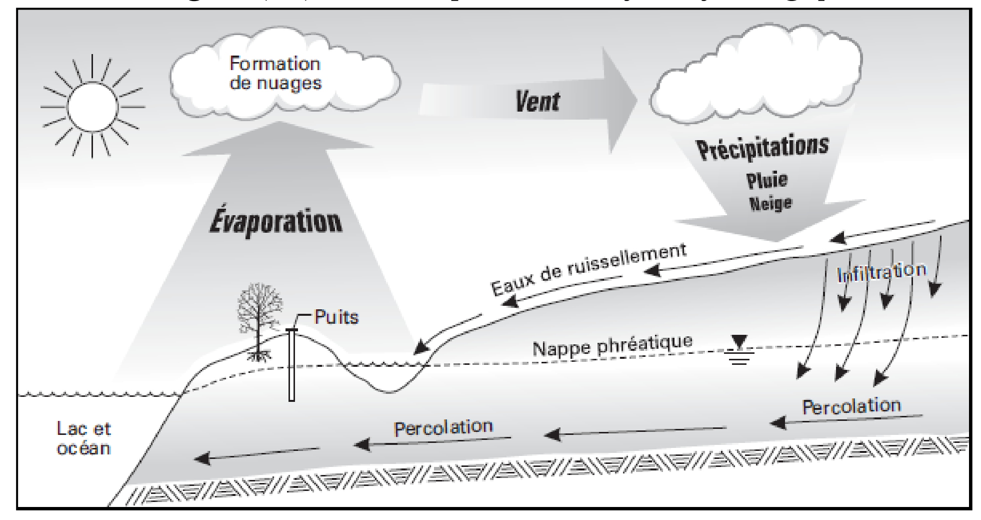
Chapitre 1
Généralités sur la production et distribution d'eau

❖ Les cycles de l'eau

1. Le cycle hydrologique : Cycle naturel

L'eau circule dans l'environnement selon un **cycle naturel** que l'on appel le « cycle hydrologique ». Elle circule en permanence dans l'atmosphère sur la terre et sous la terre. Sous l'effet de la chaleur du soleil, l'eau des mers, des fleuves et des lacs s'évapore et devient de la vapeur d'eau qui forme les nuages. Les nuages sont poussés par le vent. Lorsqu'ils traversent des régions froides, la vapeur d'eau se condense. Elle retombe sur le sol, sous forme de pluie, de neige ou de grêle. L'eau ainsi retombée ruisselle sur le sol ou s'infiltre dans le sous-sol. Elle vient grossir les fleuves, qui eux-mêmes retournent à la mer et le cycle recommence.

Figure (I.1) : Les composantes du cycle hydrologiques



La pluie qui tombe sur le sol se partage en diverses fractions suivant des proportions variables :

- Une partie retourne dans l'atmosphère, sous forme de vapeur par évaporation du sol ou transmission des végétaux.
- Une autre partie ruisselle à la surface du sol et contribue à l'alimentation des ruisseaux et rivières ;
- Le reste qui est la fraction la plus faible, soit de 20% à 40%pénètre dans le sol par infiltration et contribue à l'alimentation des nappes profondes, des sources et dans certaines conditions des rivières.

De ce fait les eaux douces qui existent sur la terre sont :

a. Les eaux de surface

Les eaux de surfaces comprennent les eaux des cours d'eau, lacs, étangs, barrages etc. Ces eaux proviennent de l'eau de pluie tombée sur le bassin versant du lieu récepteur.

b. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont les qui se trouvent sous le niveau du sol et qui remplissent soit les fractures du socle rocheux, soit les pores présents dans les milieux granulaires tels les sables et les graviers. Contrairement à l'eau de surface, l'eau souterraine n'est pas canalisée comme un ruisseau ou une rivière, mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques qui constituent l'espace souterrain. L'eau souterraine est une composante importante du cycle hydrologique : l'eau provenant des précipitations s'infiltre dans le sol, circule verticalement jusqu'à la zone de saturation (nappe phréatique) et se déplace vers la zone naturelle de résurgence (les cours d'eau) située en aval.

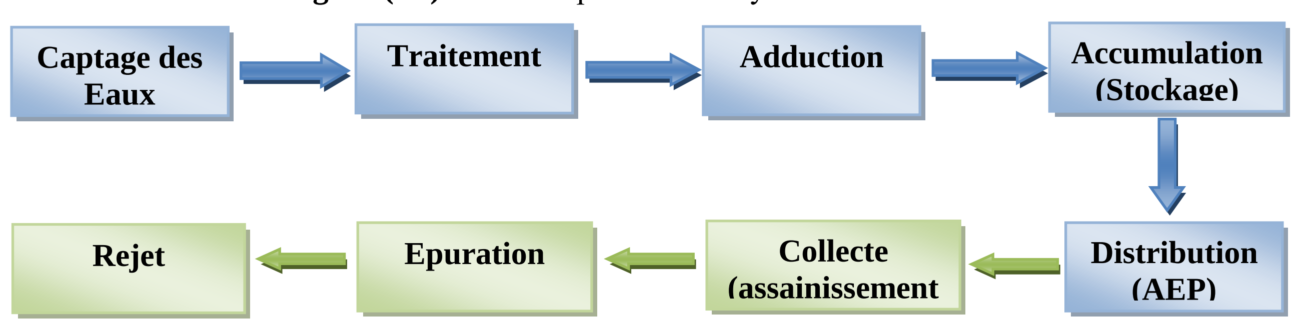
2. Le cycle technique de l'eau : Cycle artificiel

L'eau circule dans l'environnement selon un cycle naturel. En prélevant une partie de cette eau pour nos propres besoins (industrie, agriculture, habitat), nous créons nous aussi un cycle, artificiel, qu'on peut appeler le **«cycle technique ».**

Le cycle artificiel de l'eau est constitué de différentes étapes qui commencent par le captage de l'eau dans le milieu naturel et termine par le retour de l'eau épurée dans le milieu naturel. Les diférentes étapes du cycle artificiel de l'eau sont :

1. Le captage de l'eau
2. La purification : Traitement de l'eau
3. Transport et stockage de l'eau
4. Transport, distribution et consommation de l'eau
5. L'assainissement et rejet
6. L'épuration de l'eau
7. Retour de l'eau dans l'environnement

Figure (I.2) : Les composantes du cycle artificiel de l'eau



I.1 Mobilisation des eaux souterraines

La mobilisation des eaux souterraine consiste à transférer l'eau à partie d'un point de captage (Puits, forages, sources captées sur place) jusqu'à l'utilisateur (Milieu urbain, l'industrie, agriculture) pour satisfaire les besoins en eau.

1. Pourquoi privilégier le captage de l'eau souterraine ?

Les eaux souterraines ont toujours été recherchées en raison de leur fraîcheur et de leurs qualités chimiques et bactériologiques. Elles sont généralement de meilleure qualité que les eaux de surface, épurées par le sol et moins vulnérables à la pollution et ne nécessitent pas un traitement complet (et dispendieux) tel qu'exigé par le règlement sur la qualité de l'eau potable.

2. Les eaux souterraines : Notions d'aquifères et nappes phréatiques

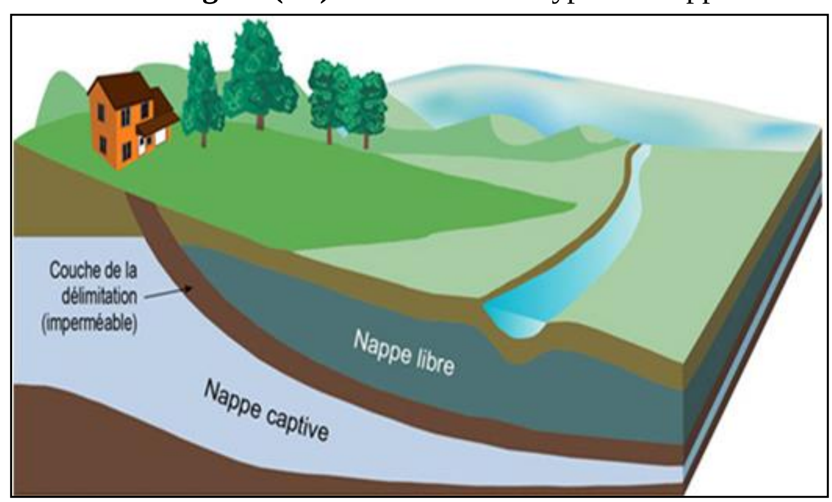
L'eau souterraine est contenue dans des couches géologiques appelées **aquifères** (du grec **aqua** : eau et **fere** : transporter), elle occupe les espaces, fissures et pores, des roches – réservoirs qui constituent l'aquifère.

Aquifère : Un aquifère est un réservoir souterrain naturel d'eau (Un corps de roche perméable). Il se remplit en accumulant l'eau d'infiltration, et il est situé au-dessus d'une couche imperméable qui empêche la fuite de l'eau vers les profondeurs. L'eau contenue dans un aquifère est **une nappe souterraine.**

3. Les différents types de nappe



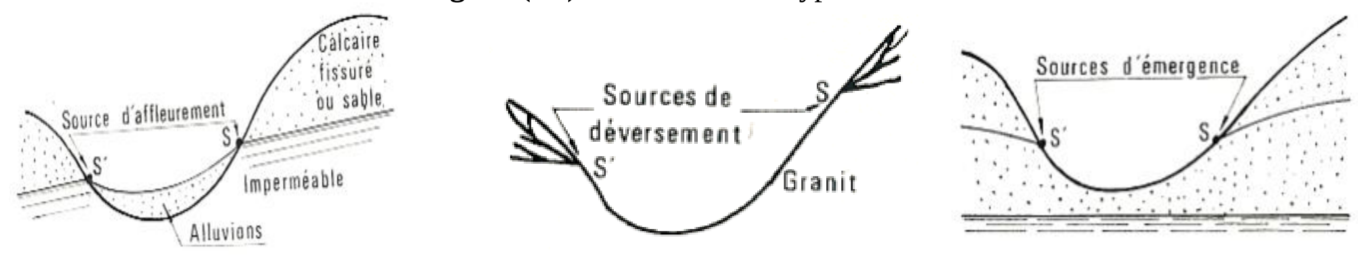
Figure (I.3) : Les différents types de nappes



- **Nappe libre :** Dont son niveau supérieur n'est pas limité par une couche géologique imperméable, Elle est alors alimentée directement par les précipitations atmosphériques et par l'infiltration des cours d'eau. Une nappe libre est aussi appelée phréatique (du grec phréa : puits) lorsqu'elle est au niveau le plus superficiel.
- **Nappe captive :** Son niveau supérieur est limité par une couche imperméable et l'eau s'y trouve sous pression parfois, lorsque la nappe est suffisamment alimentée. Si son toit est percé par un ouvrage (puits ou forage) - la nappe peut jaillir au dessus du sol ; elle est alors dite artésienne.
- **Nappe fossile :** C'est une nappe qui ne se renouvelle plus, depuis un temps plus ou moins long jusqu'aux plusieurs milliers d'années). Ces nappes sont exploitées dans les milieux désertiques. Au sud d'***Algérie***, existe ce type de nappes exactement à ***Tamanrasset***; sa capacité est de 60 milliards de mètres cube ; l'état a investit un milliard de dollars pour transférer ces eaux jusqu'à ***Ain Saleh*** (sur une distance de 750 Km environ).
- **Les sources**

  Les sources sont les emplacements où les eaux souterraines débouchent à l'air libre. On a :

Figure (I.4) : Les différents types de sources



a. **Sources d'affleurement**

Les sources d'affleurement sont alimentées par la partie inférieure de la nappe. Le fond de la vallée atteint l'imperméable.

b. **Sources de déversement**

Les sources de déversement prennent naissance dans les formations fissurées. L'eau apparaît au point de rencontre des fissures avec le flanc (Côté) de la vallée.

c. Sources d'émergence

Ces sources sont alimentées par la partie supérieure de la nappe. Le fond de la vallée n'atteint pas l'imperméable.

4. Captage des eaux souterraines

Avant de s'écouler du robinet, l'eau souterraine doit être soutirée de l'aquifère à l'aide d'un dispositif appelé « ouvrage de captage ». Le choix du type d'ouvrage de captage adéquat dépend du contexte hydrogéologique local ainsi que des besoins en eau.

1. Captage des nappes d'eau souterraine

Les forages et les puits sont les moyens les plus répandus pour le captage des eaux souterraines en maintenir ces eaux à labri des contaminations notamment à l'approche de la surface du sol . Les eaux souterraines sont en général limpides, mais leurs caractéristiques physico-chimiques varient en fonction de site et on doit, dans chaque cas, faire une étude pour déterminer quel traitement sera nécessaire pour rendre l'eau potable.

- **Eaux peu profondes :** L'accès à la nappe peut s'effectuer comme suit :
  - Verticalement par des puits
  - Horizontalement par des drains
  - Par combinaison des deux procédés en utilisant des puits à drains rayonnants.

1. Puits

- Un puits à eau est un ouvrage de captage vertical permettant l'exploitation de l'eau d'une nappe, contenue dans les interstices ou dans les fissures d'une roche du sous-sol.

Figure (I.5) : Captage d'eau souterraine par un puits

1 humus
2 gravier et sable
3 argile ou roche
4 puits filtrant
5 drain
6 pompes
7 niveau de la nappe phréatique
8 dépression de captage
9 moteur
10 amenée au réservoir
11 réserve d'eau
12 trop-plein
13 vanne d'arrêt
14 crépine
15 réseau de distribution

- L'eau peut être remontée au niveau du sol soit de façon très simple grâce à un récipient (seau par exemple) soit plus facilement grâce à une pompe, manuelle ou motorisée.



Figure (I.6) : Exploitation d'un puits





- Le corps du puits est constitué de buses captantes perforées ou barbacanes dirigées du bas vers le haut à fin d'éviter les rentrées de sable dans le puits.
- L'ouverture du puits doit être protégée contre la pollution d'origine superficielle.
- Il existe plusieurs types de puits qui permettent de capter l'eau souterraine d'un aquifère : le puits tubulaire, le puits de surface et la pointe filtrante.
  - **a. Un puits tubulaire :** aussi appelé « puits artésien », est un ouvrage de captage de faible diamètre et habituellement profond (plus de 9 m), qui est creusé à l'aide d'une foreuse.
  - **b. Un puits de surface :** est un ouvrage peu profond et de large diamètre, généralement creusé à l'aide d'une rétrocaveuse.
  - **c. Une pointe filtrante** : est un ouvrage de captage de faible diamètre et généralement peu profond, qui consiste en un tube perforé dont l'extrémité est pointue, enfoncé jusqu'à la nappe phréatique dans un sol meuble.

Figure (I.7) : Schéma d'aménagement d'un puits tubulaire

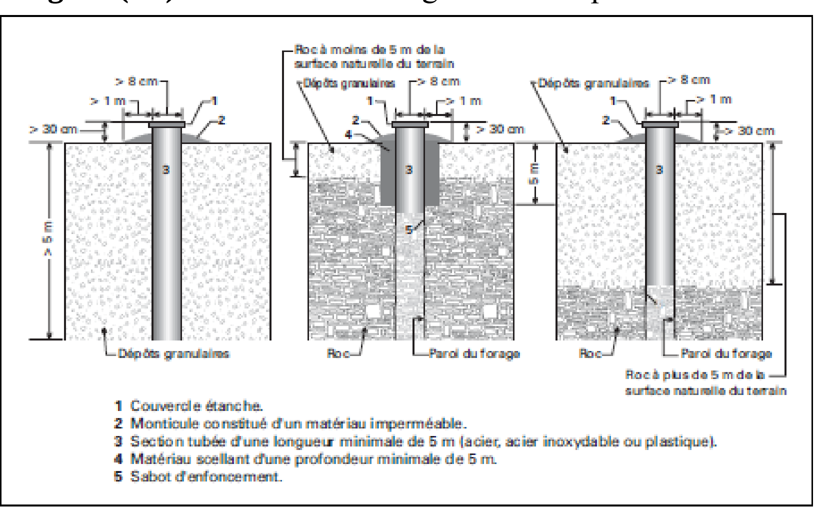


Figure (I.8) : Schéma d'aménagement d'un puits de surface

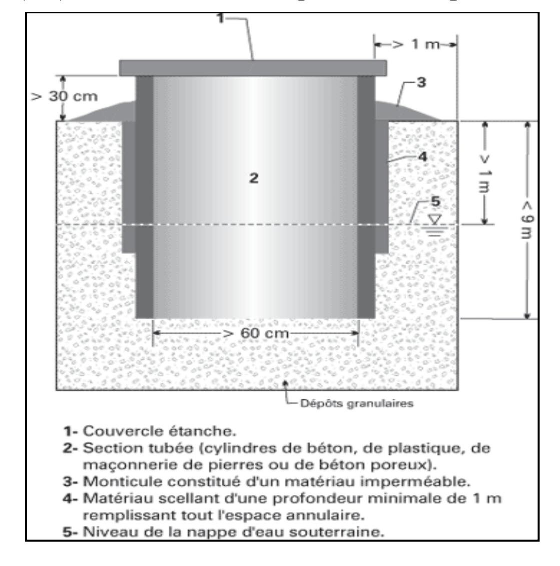


Figure (I.9) : Schéma d'aménagement d'une pointe

> 1 m
> 30 cm
< 8 cm
> 1 m
Dépôts granulaires
1- Couvercle étanche.
2- Section tubée (acier, acier inoxydable ou plastique).
3- Monticule constitué d'un matériau imperméable.
4- Pointe filtrante.
5- Niveau de la nappe d'eau souterraine.

2. Drains horizontaux :

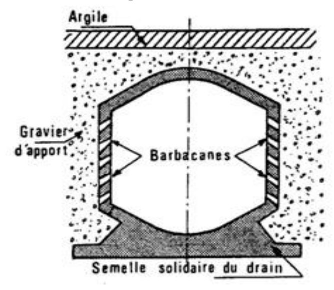
Lorsque la nappe est peu profonde et peu épaisse, on utilise les drains horizontaux. Ces drains sont constitués d'éléments préfabriqués en béton, comportant :

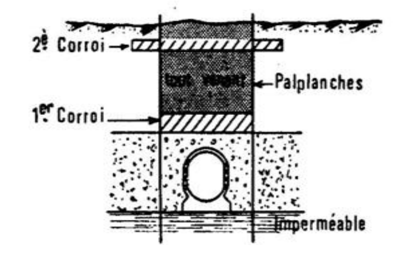
- ➢ Une Semelle d'appui
- ➢ Sur les faces verticales, des barbacanes inclinées
- ➢ La protection contre la pollution superficielle s'effectue par des corrois en argile

Les drains sont des ouvrages de captage d'une certaine longueur, établis au sein de la nappe selon un profil présentant une légère pente vers un ouvrage d'extrémité étanche où sont aménagés les appareils de

pompage. La longueur des drains est fonction du débit à extraire; il n'est pas rare de rencontrer des drains de plus de 100 m de longueur. Les drains ne peuvent s'adresser à une nappe quelconque. Pour des raisons d'exécution, celle-ci devra se situer assez proche du sol. Par ailleurs, pour que le drain soit efficace de tout temps, il devra toujours être noyé.

Figure (I.10) : Schéma d'un drain horizontal





3. Puits à drains rayonnants :

Pour capter des débits importants dans une nappe, il peut être intéressant, de forer des drains horizontaux disposés selon plusieurs directions radiales (pouvant atteindre une longueur de 20 m) depuis le fond d'un puits de grand diamètre puits qui n'est pas captant.

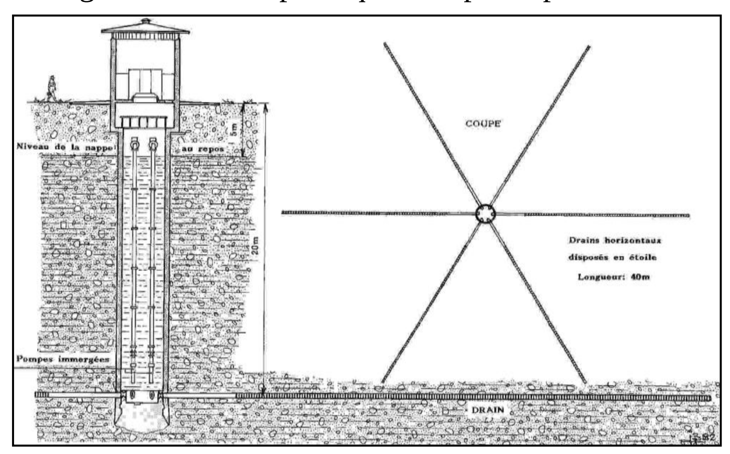


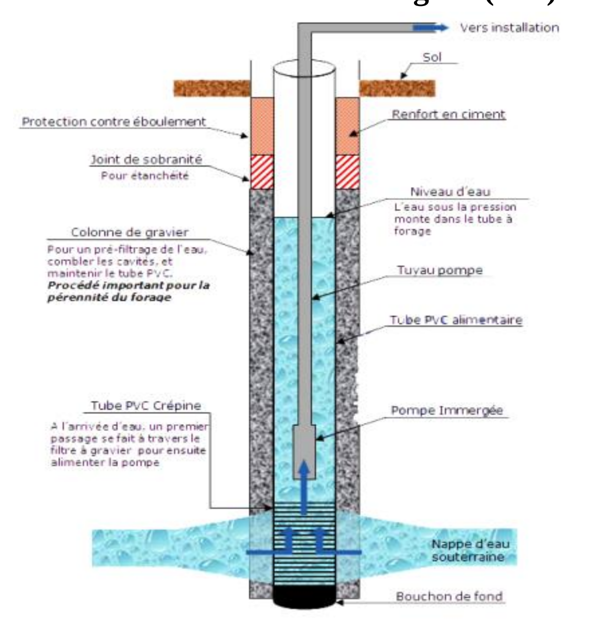
Figure (I.11) : Schéma d'un puits à drains rayonnants



❖ Eaux profondes

Lorsque la nappe est très profonde on fait recours à des forages profonds. Aujourd'hui, les forages modernes utilisent des techniques similaires à celles mises en œuvre pour les forages pétroliers. Elles permettent d'atteindre des nappes situées à de grandes profondeurs, jusqu'à sept cents mètres sous terre parfois : l'eau est remontée, à l'aide de moteurs électriques actionnant des pompes, le long de conduits habillés de tubes en ciment ou en acier.

Figure (I.12) : Schéma d'aménagement d'un forage

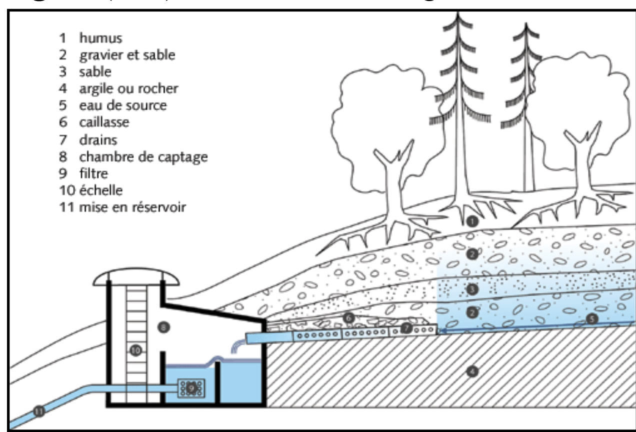




2. **Captage des sources :**

Le captage des sources s'effectue par construction d'une galerie établie au sein du gisement. Les sources peuvent provenir de plusieurs filets dont les eaux apparaissent au jour dans une cavité naturelle. Le captage consiste à dégager ces filets puis à les recueillir et à les diriger vers une chambre de réception.

Figure (I.13) : Schéma d'aménagement d'une source



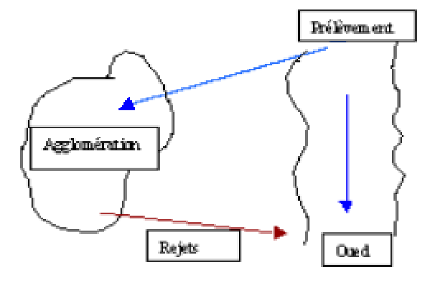
I.2 Mobilisation des eaux de surface

Les eaux de surface sont les eaux des rivières et de fleuves (des eaux courantes), soient des eaux dormantes (étangs, lacs naturels ou artificiels), la prise d'eau ne doit être installé qu'après avoir pris connaissance du maximum d'informations relatives aux régimes d'écoulements des eaux, et aux débits (débits de crues et les débits d'étiage) par l'emplacement des ouvrages spécifiques

1. **Captage des eaux courantes :**

La prise doit être située en amont des agglomérations pour éviter les pollutions, figure(I.14).

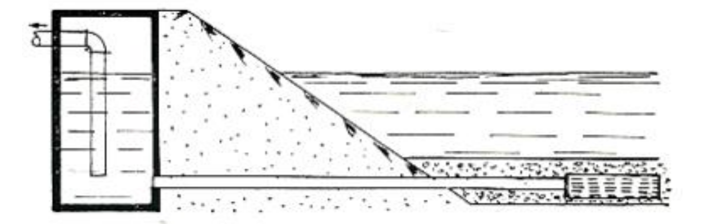
Figure (I.14) : Schéma du point de prélèvement des eaux courantes



a. **Captage sur le fond du lit :**

- Utilisé dans les rivières à régime torrentiel (fortes pentes et grandes vitesses d'écoulement).
- Le principe est de creuser une tranchée perpendiculaire à l'écoulement ensuite on place une crépine d'aspiration entourée par des graviers et reliée à la berge par une tuyauterie
- On dispose de gros graviers autour de la crépine afin de la protéger.

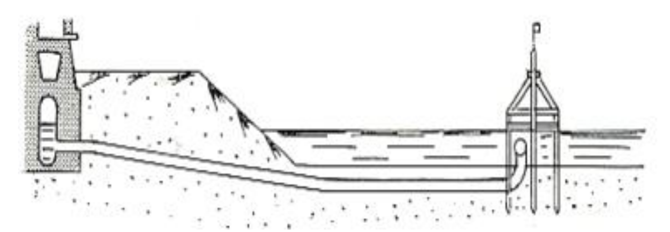
Figure (I.15) : Schéma d'un captage sur le fond du lit d'un cours d'eau



b. **Captage ou prise au milieu de la rivière :**

- C'est l'exécution en pleine eau d'un ouvrage à une certaine distance des berges, ainsi la protection des corps flottants de la prise est assurée par des grilles.
- La prise doit être protégée par une estacade pour éviter sa détérioration.

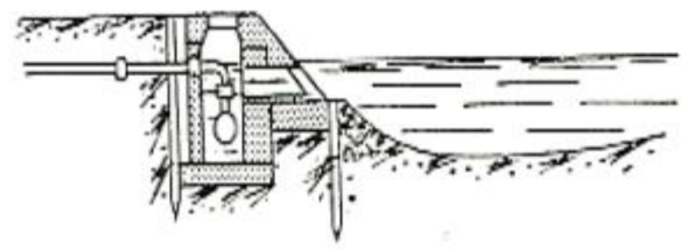
Figure (I.16) : Schéma d'un captage au milieu de rivière



c. **Prise sur la berge :**

- C'est un puisard projeté à proximité de la berge relié à la rivière, et protéger par une grille qui empêche le passage des graviers .on mettant une pompe dans le puisard.
- La prise doit s'effectuer à une profondeur convenable, dans le but d'éviter, d'une part, l'influence de la fermentation du fond du lit, et d'autre part, la présence éventuelle d'hydrocarbures ou de mousses à la surface de l'eau.

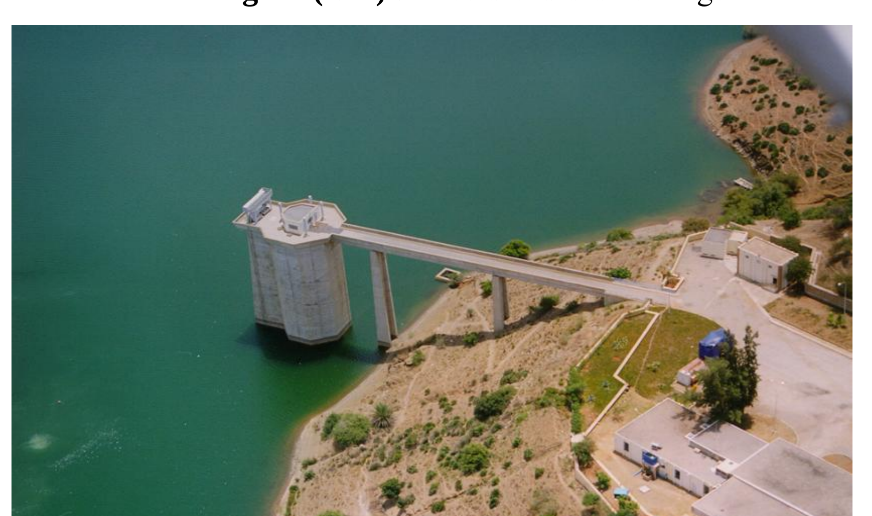
Figure (I.17) : Schéma d'un point de captage sur la berge de la rivière



2. **Captage des eaux dormantes (à partir d'un barrage ou lac) :**

Le dispositif de captage des eaux doit être installé à une profondeur convenable pour éviter les dépôts de limon à craindre et éviter aussi les eaux les plus proches à la surface ou la température varie beaucoup sur quelques mètres, suivant les saisons, et pouvant rendre l'eau impropre à la consommation.

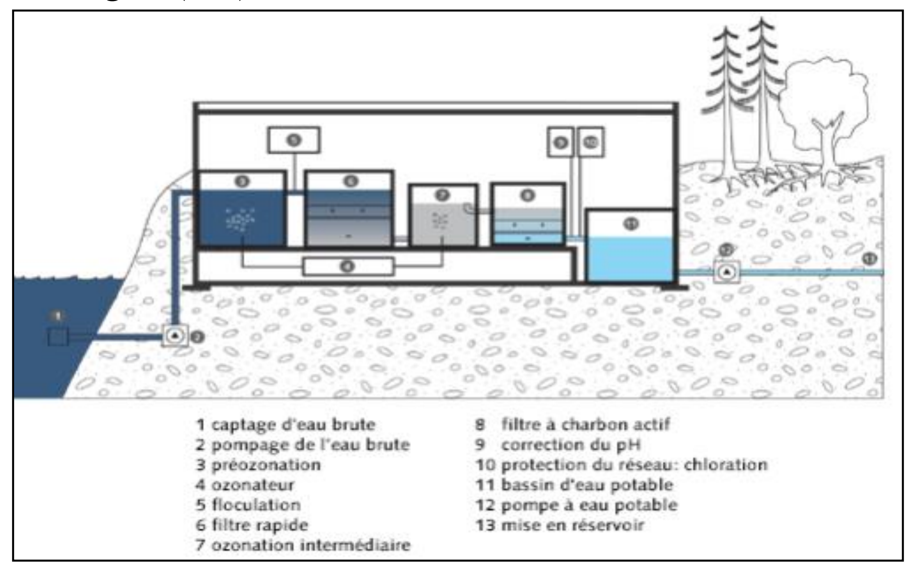
Figure (I.1*8*) : Prise d'eau d'un barrage



3. **Traitement des eaux :** Les eaux captées dans la nature, exactement les eaux de surface (lacs et rivières), ne présentent pas les qualités physiques, chimiques et biologiques désirables pour la consommation. Pour rendre ces eaux potables, il faut les traiter. Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, laquelle est fonction de son origine et peut varier dans le temps. L'eau à traiter doit donc être en permanence analysée car il est primordial d'ajuster le traitement d'une eau à sa composition et, si nécessaire, de le moduler dans le temps en fonction de la variation observée de ses divers composants. Il peut arriver cependant qu'une pollution subite ou trop importante oblige l'usine à s'arrêter momentanément. Les aspects de traitement des eaux sont :

- **La clarification :** L'élimination des matières solides par décantation ou par filtration.
- **La stérilisation :** On la stérilise par des oxydants tels que le chlore, l'ozone.
- **L'amélioration :** Qui corrige les propriétés chimiques de l'eau, soit par l'addition de corps chimiques appropriés, soit par adsorption de corps nuisibles à supprimer.

Figure (I.19) : Schéma de traitement des eaux de surface



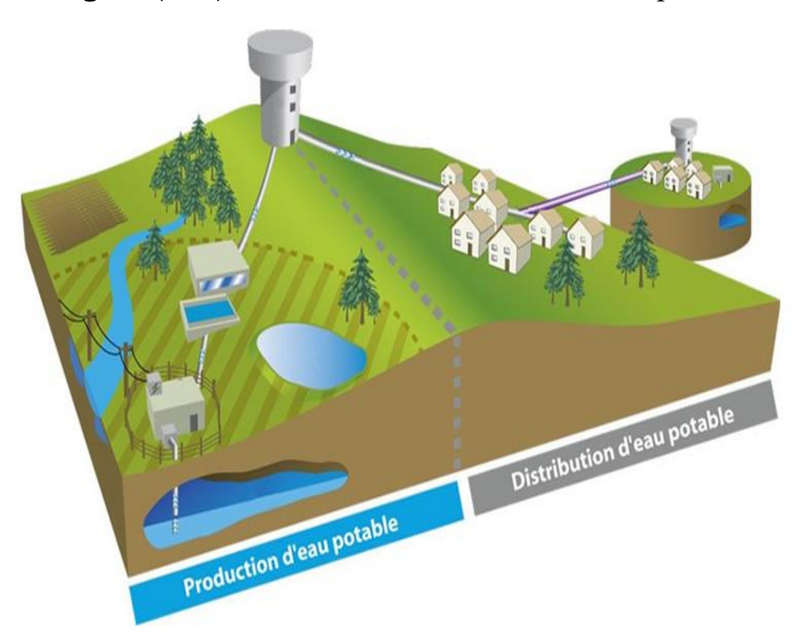
I.3 Adduction et transfert d'eau

L'adduction d'eau regroupe l'ensemble des installations permettant d'amener l'eau depuis sa source vers les lieux de consommation. C'est une conduite d'amenée qui assure le transfert de l'eau entre deux points :

- entre la source et la station de traitement ;
- entre la station de traitement et les stockages vers le réseau de distribution ;
- entre la source et les stockages ou le réseau de distribution.

Les conduites d'adduction doivent être posées et exploitées avec beaucoup de soins en raison de la sensibilité de leur rôle dans le système d'approvisionnement en eau potable. La longueur d'une conduite d'adduction peut varier de quelques kilomètres à plusieurs dizaines de kilomètres.

Figure (I.20) : Schéma d'une adduction d'eau potable



1. **Les différents types d'adduction :** Il existe deux types d'adduction :

   1. **Adduction gravitaire (Par gravité) :**

L'adduction est dite gravitaire si le niveau de la station de traitement (ou de captage) est supérieur à celui du réservoir. L'écoulement de l'eau à des pressions importantes est causé par la différence des niveaux hydrauliques et se déplace donc grâce à la force de gravitation d'où son nom. Le débit transitant est modulé, permanent, commandé par l'aval.

Figure (I.21) : Adduction gravitaire



2. **L'adduction par refoulement :**

L'adduction est par refoulement si le niveau de la station de traitement (ou de captage) est inférieur au niveau du réservoir. Où la pression sur le réseau et l'acheminement de l'eau se fait à l'aide de pompes à l'intérieur d'une station de pompage. Le débit transité est alors discontinu, variable dépendant du débit de pompage. Il est commandé par l'amont avec la mise en marche des pompes.

Figure (I.22) : Adduction par refoulement



Et dans ce dernier cas, il faudra installer une station de pompage. Elle se compose de :

- L'ensemble des pompes qui donnent l'énergie de pression nécessaire à l'eau pour être refoulée.
- L'ensemble des moteurs qui font fonctionner (tourner) les pompes.
- Les accessoires nécessaires à la station de pompage tel que tableau de commande, anti-bélier, …
- Le bâtiment qui abrite l'ensemble de ces appareils et pièces de rechange.

I.4 Stockage et régularisation

C'est l'ensemble des ouvrages du génie civil qui assurent principalement l'emmagasinement de l'eau dans un (ou des) réservoir(s). Les réservoirs doivent maintenir l'eau à l'abri des risques de contaminations, et autant que possible des fortes variations de température

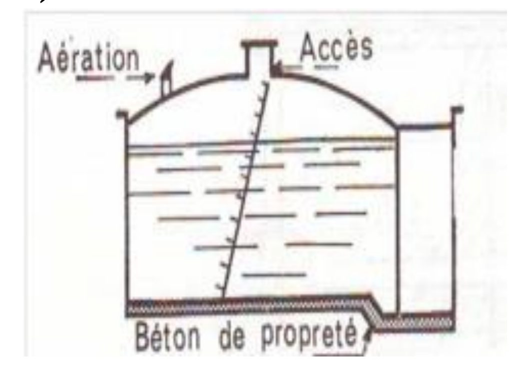
1. **Les différents types de réservoirs**

A partir du réservoir, l'eau s'écoule dans les tuyaux par son propre poids, donc plus le réservoir sera plus haut, plus l'eau pourra aller loin et vite. C'est pour que certains réservoirs sont au sol mais que d'autre doivent être surélèves (château d'eau) pour que l'eau ait une pression suffisante pour alimenter tout le village. Donc on peut avoir :

a. **Réservoirs au sol :** Ces réservoirs peuvent être posés au sol, semi enterrés ou entièrement enterrés.

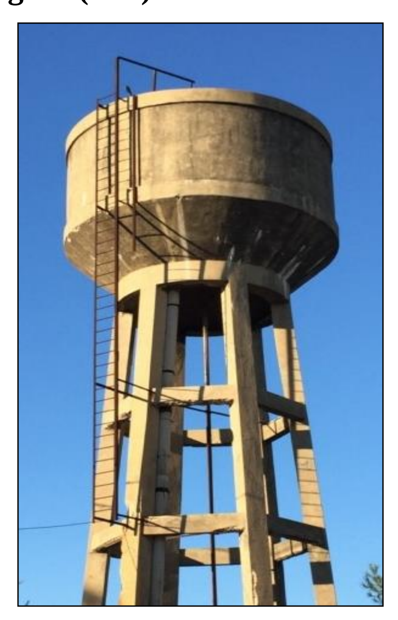
Figure (I.23) : Réservoir au sol





b. **Réservoirs surélevés « châteaux d'eau » :** un château d'eau : ouvrage surélevé selon les besoins, dont la hauteur peut atteindre plusieurs dizaines de mètres. Ils sont placés en altitude pour fournir passivement de la pression à l'utilisateur final. De plus, une grande hauteur de réservoir pénalise la phase de production mais favorise la phase de distribution de l'eau.

Figure (I.24) : Château d'eau



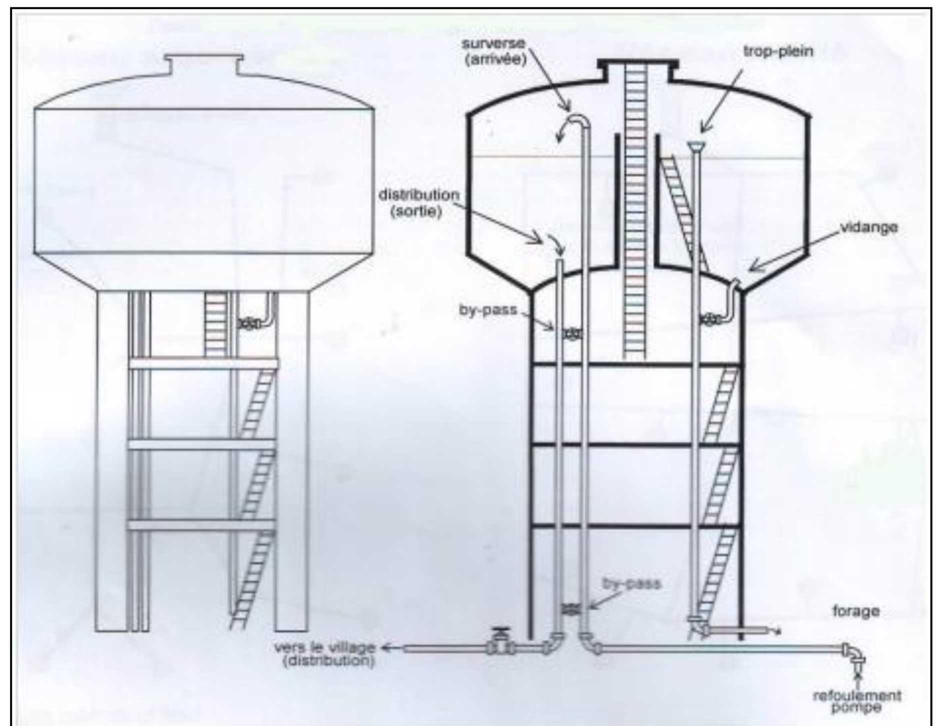
2. **Fonctions des réservoirs :** Les réservoirs de stockage ont pour rôle essentiel de :

- Se substituer aux adductions et aux ouvrages de captage en cas de pannes ou d'interruption au niveau de la production (**fonction de réserve)**.
- Faire face aux modulations de la demande par rapport aux débits provenant de l'ouvrage de captage (**fonction de démodulation)**.
- Assurer **la mise en pression** du réseau de desserte, bornes fontaines, et/ou du réseau de distribution (cas de branchements particuliers).
- Assurer la régulation du fonctionnement du groupe de pompage équipant l'ouvrage de captage, cas d'une adduction de refoulement (**fonction de régulation)**.
- Permettre une sécurité en matière de **protection contre l'incendie** (cas des centres et agglomérations urbaines, équipés de bouches d'incendie).

3. **Les équipements hydrauliques :** Un réservoir doit avoir les équipements suivants pour faciliter son exploitation.

- Conduite d'alimentation (conduite d'adduction conduite d'amenée).
- Une conduite de distribution munie d'une crépine, un robinet de prise pour l'analyse de la qualité de l'eau et un compteur de distribution.
- une conduite de trop plein.
- un système d'arrêt de son alimentation : robinet à flotteur, vanne à commande hydraulique ou vanne à commande électrique ;
- une conduite de soutirage de la réserve incendie dont le dispositif d'ouverture est la disposition permanente des sapeurs pompiers,
- une conduite de vidange munie de vanne, dont le système de manœuvre est protégé n'est accessible que par les agents de la société de distribution;
- un by-pass entre la conduite d'adduction et la conduite de distribution afin d'assurer la continuité du service pendant l'entretien du château d'eau.

Figure (I.25) : Equipement d'un réservoir



I.5 Distribution

La distribution désigne toute le réseau d'Alimentation de l'eau Potable se situant après le réservoir. Son rôle est de transporter l'eau du stockage aux usagers et d'en assurer la livraison. L'eau est distribuée dans un réseau de canalisations sur lesquelles les branchements seront piqués en vue de l'alimentation des abonnés. Les canalisations devront en conséquence présenter un diamètre suffisant, de façon à assurer le débit maximal avec une pression au sol compatible avec la hauteur des immeubles. Trois exigences sont recherchées:

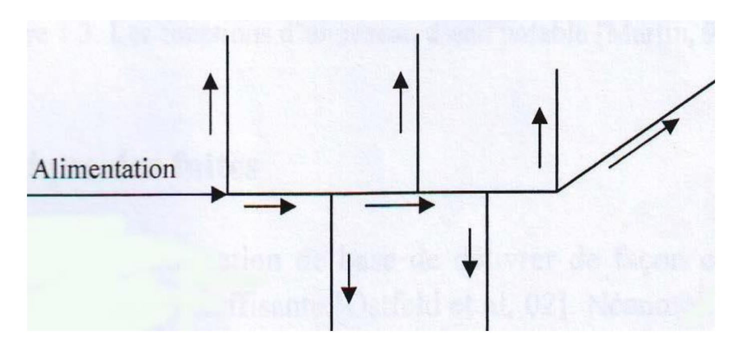
- Une qualité de l'eau répondant aux normes de potabilité
- La continuité du service
- Une pression de service suffisante

1. **Types de réseaux :** Les différents sous-réseaux d'un système de distribution sont agencés sous la forme d'un réseau ramifié, un réseau maillé.

   a. **Réseau ramifié :**

Ce réseau est construit sous forme d'arbre allant des conduites primaires aux conduites tertiaires ne comportent aucune alimentation de retour. L'écoulement s'y s'effectue de l'amont vers l'aval dans les conditions normales de fonctionnement. IL présente l'avantage d'être économique, mais il manque de sécurité et de souplesse en cas de rupture. Un accident sur la conduite principale prive les abonnés en aval. Il est adapté aux réseaux de faible densité des points de livraison

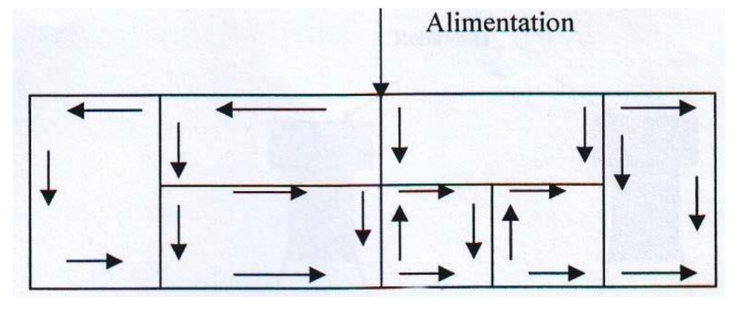
Figure (I.26) : Réseau ramifié



   b. **Réseau maillé :**

Un réseau maillé est un réseau de conduites dont la plupart des extrémités des tronçons sont connectées pour former des mailles ce qui permet une alimentation en retour. Les points de rencontre des conduites sont des nœuds. En cas de rupture de conduite, l'interruption de service se limite à la portion de réseau concernée, isolée par deux à trois vannes. Son coût de construction est relativement élevé par rapport au réseau ramifié.

Figure (I.27) : Réseau maillé



I.6 <u>Assainissement et rejets</u>

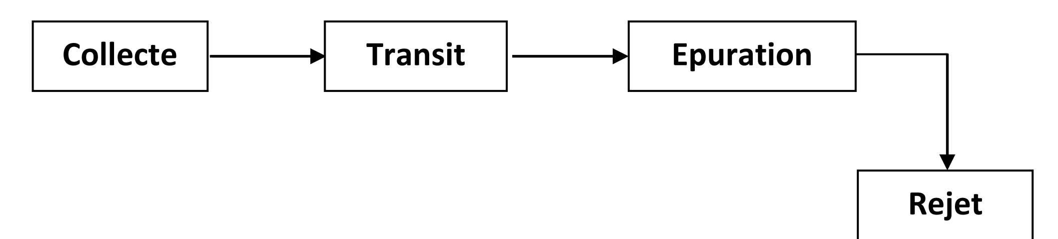
1. **Rôle de l'assainissement**

L'assainissement a pour objectif de protéger la santé et la salubrité publiques, ainsi que l'environnement, contre les risques liés aux rejets des eaux usées (contenant des polluants, essentiellement matière organique, azote et phosphore) des habitations et des eaux pluviales.

2. **But de l'assainissement**

L'assainissement des agglomérations à pour but d'assurer l'évacuation des eaux usées, des eaux pluviales et des rejets industriels dans des conditions satisfaisantes pour préserver l'environnement et la santé publique. Le réseau d'assainissement d'une ville doit répondre à deux catégories de préoccupations :

- Assurer le transit et l'élimination (Epuration) des eaux usées ménagères et éventuellement des eaux résiduaires industrielles.
- Assurer l'évacuation correcte des eaux pluviales de manière à empêcher la submersion afin de prévenir les inondations des zones urbaines.



HISTORIQUE

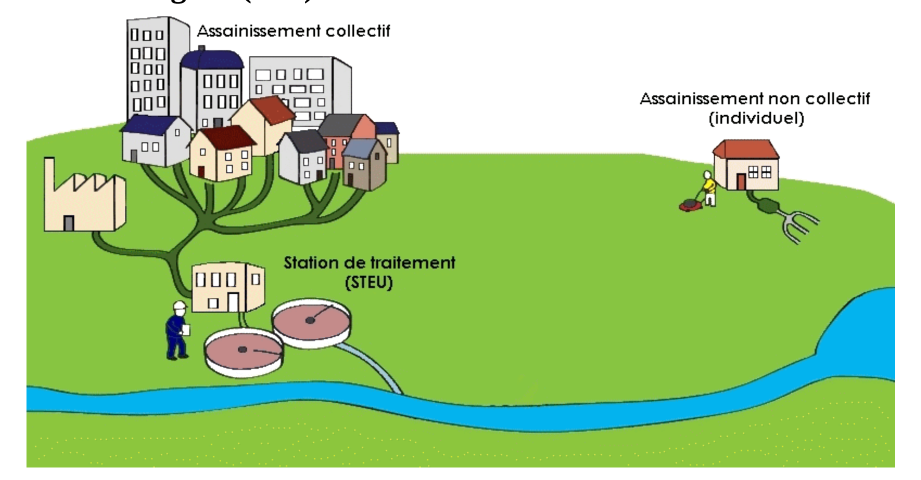
Au siècle précédent, la politique d'assainissement (1894 loi sur le « tout à l'égout ») consistait encore essentiellement en une évacuation rapide des eaux usées et pluviales le plus loin possible des zones agglomérées. Cette situation considérée comme satisfaisante se prolonge jusqu'en 1950. Dès 1970, la croissance rapide de la population urbaine (22 % en 1950, 75 % en 1970) rend la situation critique. En effet le développement rapide de l'urbanisation des villes à leur périphérie a entraîné une forte augmentation des surfaces imperméabilisées, ce qui a accru considérablement les volumes et les débits ruisselés entraînant une surcharge progressive des réseaux existants et à une augmentation du risque d'inondation. En 1977 la loi de l'assainissement a pour objet d'assurer l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales et usées ainsi que leur rejet dans les exutoires naturels sous des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement (Epuration des eaux usées).

3. Différents types d'assainissement

En fonction de la densité de l'habitat et des constructions, l'assainissement peut être collectif ou non collectif.

- **Assainissement collectif :** destiné les zones urbanisées raccordées à un réseau public d'assainissement ou réseau d'égout et il est équipé d'une station d'épuration traitant les rejets urbains après la collecte des eaux usées (Urbaines et industrielles) .
- **Assainissement non-collectif (autonome ou individuel) :** il est destiné pour les maisons d'habitation individuelles non-raccordées à un réseau public de collecte des eaux usées (à l'égout). Il constitue la solution technique et économique la mieux adaptée en milieu rural.

Figure (I.28) : Assainissement collectif et non collectif



4. Dimensionnement du réseau d'assainissement

Connaissant en chaque point, les débits à évacuer et la pente des ouvrages, le choix des sections sera déduit de la formule d'écoulement adoptée. Les dimensions des canalisations varient compte tenu des diamètres courants de fabrication, ce qui apporte de ce fait, une capacité supplémentaire d'écoulement.

Dans l'instruction technique de 1977, les ouvrages sont calcules suivant une formule d'écoulement résultante de celle de CHEZY

$$V = C\sqrt{RI}$$

V : Vitesse d'écoulement en m/s
R : Rayon hydraulique avec *R= S/p*
S : section mouillée en m^2
P : périmètre mouillé en m
I : Pente de l'ouvrage
C : Coefficient pour lequel on adopte celui donne par la formule de BAZIN

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

γ : est un coefficient d'écoulement qui varie suivant les matériaux utilises et la nature des eaux transportées.

I.7 Epuration des eaux usées

1. La nécessité de l'épuration des eaux usées

Les activités humaines (domestiques, agricoles, industrielles et touristiques) produisent des eaux usées contenant des microorganismes fécaux et divers contaminants (matières organiques, azote, phosphore, métaux lourds, agents tensioactifs…) dont la charge dépasse souvent le pouvoir auto-épurateur des eaux réceptrices, induisant ainsi un risque pour la santé humaine et les écosystèmes. La gestion des eaux usées représente donc un axe important de la politique environnementale, qui doit contribuer efficacement à la préservation et à la restauration de la qualité des cours d'eau, des zones humides, des eaux souterraines et des eaux côtières. C'est une nécessité tant sur les points sanitaires, écologiques que réglementaires. Les eaux usées non traitées participent à la dégradation des écosystèmes aquatiques et peuvent être à l'origine de maladies graves.

2. L'épuration des eaux usées

L'épuration des eaux usées permet de réduire les polluants de l'eau par des techniques chimiques et/ou biologiques, avant de les restituer traitées dans le milieu naturel (rivière, mer, fleuve). L'objectif est de préserver la qualité du milieu récepteur, de protéger tous les êtres vivants : la faune, la flore et les hommes, et de soutenir le développement des activités : tourisme, activités nautiques, pêche, l'agriculture etc.

3. Les eaux usées

On distingue trois grandes catégories d'eaux usées : les eaux domestiques, les eaux industrielles, les eaux pluviales.

4. Les différents procédés de traitement des eaux usées domestiques :

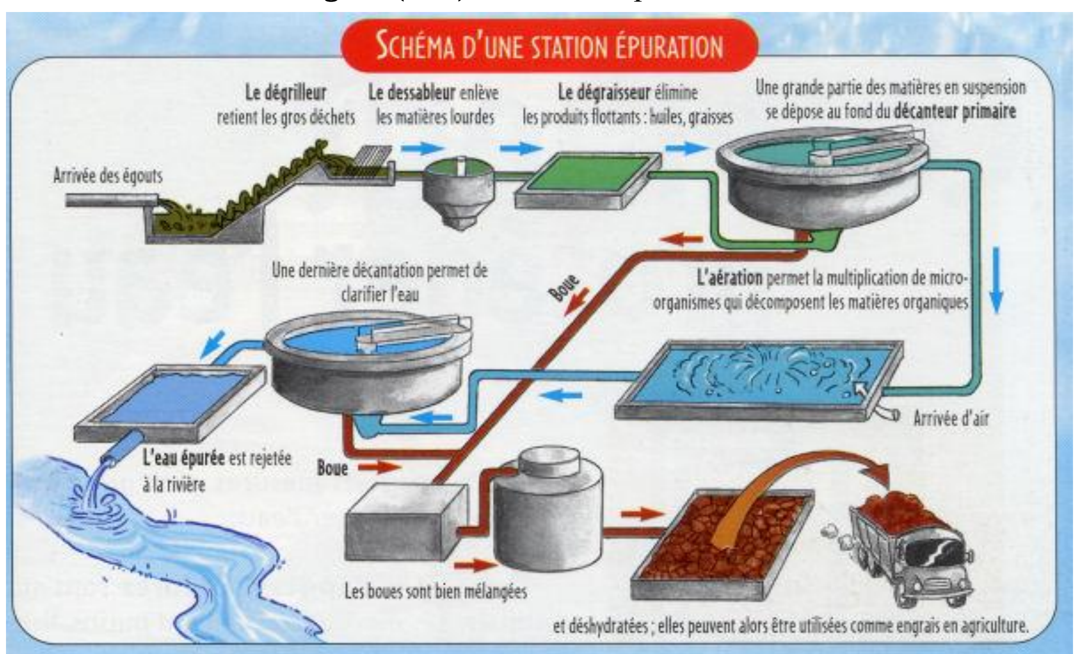
La filière de l'épuration des eaux usées recommande différentes techniques à divers niveaux technologiques souvent très élaborées ceci est illustré comme étant des méthodes classiques de traitement, ainsi que de nouvelles techniques visant la protection de l'environnement et la sauvegarde du milieu naturel tel que le lagunage ou phytoépuration.

1. Les méthodes classiques de traitements

La ligne de traitement complète des eaux résiduaires peut être schématiquement scindée en deux filières :

- **La filière eau** dans laquelle l'eau est débarrassée de tous les polluants avant son rejet dans le milieu naturel ;
- **La filière boue** dans laquelle les résidus générés par la filière eau sont traités et déshydratés avant leur évacuation.

Figure (I.29) : Station d'épuration



2. Le lagunage

Le lagunage est un procédé naturel d'épuration des eaux usées qui permet une séparation des éléments solides de la phase liquide par sédimentation, et une épuration biologique due essentiellement à l'action des bactéries.

Figure (I.30) : Procédé d'épuration des eaux usées par lagunage

